

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Off nl ungsschrift
⑪ DE 3307 115 A 1

⑤ Int. Cl. 3:
F02F 1/24

②1 Aktenzeichen: P 33 07 115.2
②2 Anmeldetag: 1. 3. 83
④3 Offenlegungstag: 6. 9. 84

⑦1 Anmelder:

Feldmühle AG, 4000 Düsseldorf, DE

⑦2 Erfinder:

Dworak, Ulf, Dipl.-Min. Dr., 7066 Baltmannsweiler,
DE; Olapinski, Hans, Dipl.-Chem. Dr., 7307 Aichwald
DE; Fingerle, Dieter, Dipl.-Ing. Dr., 7311 Hochdorf,
DE; Krohn, Ulrich, Dipl.-Ing. Dr., 7520 Leonberg, DE;
Hakulinen, Martti Johan Antero, Dipl.-Ing.,
Rönninge, SE; Palm, Bengt Nils Johan, Dipl.-Ing.,
Nykvarn, SE

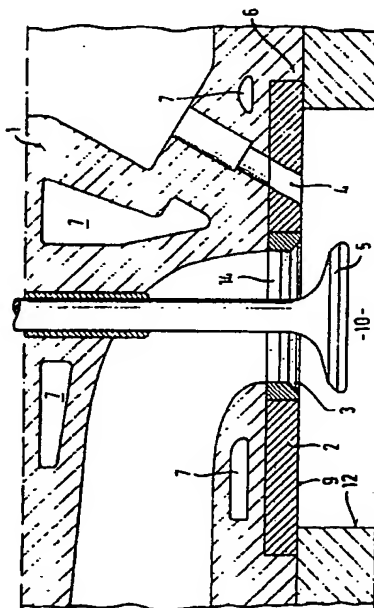
Patentamt

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Zylinderkopf eines Kolbenmotors

Bei einem Zylinderkopf eines Kolbenmotors ist die dem Brennraum (10) gegenüberliegende Fläche des Zylinderkopfes (1) von einer Platte (2) abgedeckt, die Öffnungen für Ventile, Zündkerzen oder Einspritzdüsen aufweist.

Die Platte (2) besteht aus Mullit mit 2 bis 30 Vol.-%, darin eingelagertem Zirkon- und/oder Hafniumoxid, dem 0 bis 3 Mol.-% der Oxide des Magnesiums, Kalziums oder Yttriums, bezogen auf Zirkon- und/oder Hafniumoxid zugesetzt sind, sowie aus maximal 0,5 Gew.-% sonstiger oxidischer Verunreinigungen.



DE 3307 115 A 1

01.03.83

3307115

Anmelder: Feldmühle Aktiengesellschaft,
Fritz-Vomfelde-Platz 4,
4000 Düsseldorf 1

Anlage zur Eingabe vom 28.2.1983
Pat/12.990/Kb/Pf

Patentansprüche

1. Zylinderkopf eines Kolbenmotors mit einem durch Sintern aus keramischen Werkstoffen hergestellten, wärmeisolierenden Bauteil, das Öffnungen für Ventile, Zündkerzen oder Einspritzdüsen aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die dem Brennräum (10) gegenüberliegende Fläche des Zylinderkopfes (1) von einer kreisförmigen, im Zylinderkopf (1) eingeschrumpften oder eingespannten Platte (2) abgedeckt ist, bestehend aus:
2 bis 30 Vol.% Zirkon- und/oder Hafniumoxid mit einem Zusatz von 0 bis 3 Mol.% der Oxide des Magnesiums, Kalziums oder Yttriums, bezogen auf Zirkon- und/oder Hafniumoxid, maximal 0,5 Gew.% sonstiger oxidischer Verunreinigungen,
Rest Mullit.
2. Zylinderkopf nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in die kreisförmige Platte (2) Ventilsitze (3) eingearbeitet sind.

3. Zylinderkopf nach einem der Ansprüche 1 und 2, gekennzeichnet durch die folgenden Merkmale der kreisförmigen Platte:

- 5 a) eine stoffliche Zusammensetzung von
7 bis 25 Vol.% Zirkon- und/oder Hafniumoxid,
mit einem Zusatz von 1 bis 2,8 Mol.% eines
oder mehrerer Oxide des Magnesiums, Kalziums
und Yttriums, bezogen auf Zirkon- und/oder
Hafniumoxid,
10 0 bis 0,5 Gew.% sonstiger oxidischer Verun-
reinigungen,
Rest Mullit,
wobei sich alle Teile auf 100 Vol.% ergänzen,
b) eine Biegebruchfestigkeit $\delta_B > 250$ MPa,
15 c) eine Bruchzähigkeit K_{IC} von mindestens
3,0 MPa \sqrt{m} ,
d) eine Wärmeleitfähigkeit $\lambda < 6$ W/(m·K),
e) ein Elastizitätsmodul < 220 GPa
f) eine lineare thermische Ausdehnung $\alpha < 5,5$
20 $\times 10^6$ K $^{-1}$.

Zylinderkopf eines Kolbenmotors

Die vorliegende Erfindung betrifft den Zylinderkopf eines Kolbenmotors mit einem wärmeisolierenden Bauteil, das aus einem durch Sintern keramischer Werkstoffe gebildeten Körper besteht und das Öffnungen für Ventile, Zündkerzen oder Einspritzdüsen aufweist.

Zur Vermeidung von Wandungsverlusten wurde in der DE-OS 28 21 506 bereits vorgeschlagen, die Innenfläche eines Zylinderkopfes durch eine Verbundisolierplatte abzudecken. Die beschriebene Verbundisolierplatte besteht aus einer eigentlichen Isolierschicht und aus einer mit ihr fest verbundenen metallischen Stützplatte. Die Isolierschicht ist dem Brennraum zugewandt und besteht entweder aus Quarzglas, Siliciumnitrid bzw. Siliciumcarbid und ist entweder auf die metallische Stützplatte aufgeschmolzen oder aufgesintert oder die Isolierschicht besitzt einen mehrlagigen Aufbau mit einer besonders porösen Zwischenschicht, die vorzugsweise aus Kügelchen des Isolierstoffes gebildet wird. Nachteilig bei einem solchen Zylinderkopf ist, daß die übliche Anordnung von mehreren separaten Öffnungen für Ventile, Zündkerzen und Einspritzdüsen

schwierig ist und infolgedessen eine einzige Öffnung in der Verbundisolierplatte vorgesehen werden muß. Ein weiterer Nachteil liegt in dem komplizierten Aufbau, insbesondere darin, daß die
 5 eigentliche Isolierschicht infolge ihrer geringen Festigkeit eine metallische Stützplatte benötigt.

Durch die DE-OS 30 39 718 wurde ein Zylinderkopf bekannt, in dem ein aus Aluminiumtitanat bestehendes, wärmeisolierendes Bauteil in einen aus
 10 Siliciumnitrid bestehenden warmfesten Körper eingesetzt ist und dieses Verbundteil in einen metallischen Stützkörper, der vom Zylinderkopf gebildet werden kann, eingeschrumpft ist. Der den
 15 Boden des Zylinderkopfes bildende warmfeste Körper ist dem Brennraum zugewandt und schützt das wärmeisolierende Bauteil vor mechanischer Beanspruchung. Das wärmeisolierende Bauteil hat die Form einer Kreisscheibe mit einem randseitig angebrachten
 20 Kragen zur Aufnahme des warmfesten Körpers. Nachteilig ist auch hier der mehrlagige Aufbau der aus unterschiedlichen Werkstoffen bestehenden einzelnen Bauteile, der sich aus der geringen Festigkeit des Aluminiumtitanats ergibt. Ein weiterer Nach-
 25 teil besteht darin, daß das aus wärmeisolierendem Bauteil und warmfestem Körper bestehende Verbundteil nicht eingespannt werden kann, sondern zum Schutz des Aluminiumtitanats unbedingt einen Stützkörper benötigt.

Aus der Literaturstelle Woods/Oda "PSZ"-Ceramics for Adiabatic Engine Components, veröffentlicht in SAE-Technical Papers Series sind auch bereits Zylinderköpfe mit eingeschrumpften Platten aus
5 teilstabilisiertem Zirkonoxid (PSZ) bekanntgeworden, haben sich aber nicht durchsetzen können, weil die thermisch induzierten Spannungen infolge der hohen thermischen Ausdehnung des Zirkonoxids, insbesondere im Bereich der Ventilbohrungen zu
10 Rissen, vor allem in radialer Richtung geführt haben.

Zusammenfassend sind damit aus dem Stand der Technik Zylinderköpfe mit wärmeisolierenden Bauteilen
15 aus Werkstoffen bekanntgeworden, die entweder eine geringe thermische Ausdehnung und eine geringe Wärmeleitfähigkeit, verbunden mit einer geringen Festigkeit aufweisen (Aluminiumtitanat) oder solche Werkstoffe, die zwar eine geringe Wärmeleitfähigkeit und eine hohe Festigkeit, aber auch eine
20 hohe thermische Ausdehnung besitzen (Zirkonoxid). Alle diese bekannten Vorschläge haben sich als wenig geeignet erwiesen.

25 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt in der Entwicklung eines Zylinderkopfes, der brennraumseitig eine gute Isolierwirkung aufweist, wobei an das die Isolierung bewirkende Bauteil gleichzeitig die Forderung einer hohen Lebensdauer, auch bei erhöhter Beanspruchung, erhoben wird. Insbesondere
30 will die Erfindung einen Zylinderkopf mit einem wärmeisolierenden Bauteil zur Verfügung stellen,

und
das gegenüber mechanischen Kräften^{und} insbesondere
gegenüber thermisch induzierten Spannungen eine
ausgezeichnete Festigkeit aufweist.

- 5 Die Erfindung hat auch die Aufgabe, ein wärmeis-
lierendes Bauteil zur Verfügung zu stellen, das
über einen einfachen Aufbau verfügt, das in ein-
facher Art und Weise im Zylinderkopf zu montieren
ist und dabei einen festen Sitz im Zylinderkopf
10 erhält. Die Erfindung will auch ein Bauteil zur
Verfügung stellen, das die separate Herstellung
und Montage von aus einem anderen Werkstoff her-
gestellten Ventilsitzen überflüssig macht und die
Ausbildung der Ventilsitze direkt in dem wärme-
15 isolierenden Bauteil ermöglichen.

Es wurde nun gefunden, daß die Lösung des anste-
henden Problems dadurch gelingt, daß die dem
Brennraum gegenüberliegende Fläche des Zylinder-
20 kopfes bei einem Verbrennungsmotor von einer kreis-
förmigen, im Zylinderkopf eingeschrumpften oder
eingespannten Platte abgedeckt ist, bestehend aus:
2 bis 30 Vol.% Zirkon- und/oder Hafniumoxid mit
einem Zusatz von 0 bis 3 Mol.% der Oxide des Mag-
25 nesiums, Kalziums oder Yttriums, bezogen auf Zir-
kon- und/oder Hafniumoxid, maximal 0,5 Gew.% son-
stiger oxidischer Verunreinigungen,
Rest Mullit.

- 30 Die vorliegende Erfindung ermöglicht es, ein wärme-
isolierendes Bauteil mit einer ausgezeichneten
Isolierwirkung herzustellen, ohne daß das wärme-
isolierende Bauteil einen mehrschichtigen Aufbau

der Isolierschicht oder die Anbringung einer Stützplatte, wie sie in der DE-OS 28 21 506 beschrieben sind, benötigt. Die vorliegende Erfindung ermöglicht auch den Verzicht auf einen warm-
5 festen Körper, wie er aus der DE-OS 30 39 718 zum Schutz des wärmeisolierenden Bauteils her bekannt ist. Schließlich gelingt es der Erfindung auch, ein in seiner Bauform einfaches und leicht montierbares Bauteil herzustellen, das eine wesentlich höhere Lebensdauer als die bekannten Platten
10 aus Zirkonoxid aufweist.

Die hervorragende Eignung der erfindungsgemäß in einem Zylinderkopf zu verwendenden Platte ist in-
15 sofern überraschend, als Mullit mit darin eingelagertem Zirkonoxid nicht über die hohen Festigkeitswerte von teilstabilisiertem Zirkonoxid verfügt. Somit war nicht zu erwarten, daß eine aus Mullit mit darin eingelagertem Zirkonoxid herge-
20 stellte Platte den hohen, durch thermische Belastung induzierten Spannungen, standhalten würde, die im Zylinderkopf eines Verbrennungsmotors auftreten. Voraussichtlich läßt sich dieses jedoch dadurch erklären, daß infolge der geringen ther-
25 mischen Ausdehnung, die auf den Außenrand der Platte einwirkenden Zugspannungen kleiner bleiben als die Zugfestigkeit des Werkstoffes. Bei einem erfindungsgemäßen Zylinderkopf, bei dem die Platte durch Einschrumpfen befestigt ist, ergibt sich auf-
30 grund der dabei entstandenen Vorspannung, die den thermisch induzierten Zugkräften entgegenwirkt, ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor.

Die relativ gute Festigkeit der aus Mullit mit eingelagertem Zirkonoxid hergestellten Platte ermöglicht es, den Zylinderkopf so auszubilden, daß die in den Zylinderkopf eingespannte oder eingeschrumpfte Platte auch eine Abdichtfunktion zwischen Motorblock und Zylinderkopf übernehmen kann.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Zylinderkopf dadurch gekennzeichnet, daß Ventil-
 10 sitze in die kreisförmige Platte eingearbeitet sind. Die Herstellung der Ventilsitze aus dem gleichen Werkstoff, aus dem auch das wärmeisolierende Bauteil hergestellt ist, stellt eine weitere Vereinfachung dar. Die Ventilsitze können da-
 15 bei in ihrer Höhe so ausgebildet sein, daß sie die Dicke der kreisförmigen Platte überragen und zusätzlich im Zylinderkopf befestigt sein können.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist der Zylinderkopf durch die folgenden Merkmale der kreisförmigen Platte gekennzeichnet:

- a) eine stoffliche Zusammensetzung von:
- 7 bis 25 Vol.% Zirkon- und/oder Hafniumoxid,
 - mit einem Zusatz von 1 bis 2,8 Mol.% eines
 25 oder mehrerer Oxide des Magnesiums, Kalziums, und Yttriums, bezogen auf Zirkon- und/oder Hafniumoxid,
 - 0 bis 0,5 Gew.% sonstiger oxidischer Verunreinigungen,
 - 30 Rest Mullit,
- wobei sich alle Teile auf 100 Vol.% ergänzen,

- 9 -

- b) eine Bruchfestigkeit $\delta_B > 250 \text{ MPa}$,
- c) eine Bruchzähigkeit K_{IC} von mindestens $3,0 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$,
- d) eine Wärmeleitfähigkeit $\lambda < 6 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$,
- 5 e) ein Elastizitätsmodul $< 220 \text{ GPa}$,
- f) eine lineare thermische Ausdehnung $\alpha < 5,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

- In ganz besonders bevorzugter Weise weist ein
- 10 Mullit mit darin eingelagertem Zirkonoxid noch wesentlich höhere Werte auf, wobei die Biegebruchfestigkeit bevorzugt $> 300 \text{ MPa}$, ganz besonders bevorzugt bis 450 MPa beträgt. Es wird auch bevorzugt, daß die Bruchzähigkeit $K_{IC} > 3,4 \text{ MPa} \sqrt{\text{m}}$ und
 - 15 der Elastizitätsmodul $< 200 \text{ GPa}$ betragen. Die Porosität der kreisförmigen Platte liegt bevorzugt $< 3 \%$, ganz besonders bevorzugt $< 2 \%$.

- Die Herstellung der kreisförmigen Platte ist nicht
- 20 an die Verwendung bestimmter Ausgangsrohstoffe gebunden. Es kann z.B. Mullit, sogenannter Schmelzmullit, verwendet werden, dem Zirkonoxid zugesetzt wird, es kann aber auch z.B. von Aluminiumoxid und Zirkonsilikat ausgegangen werden. Eine besondere
 - 25 Bedeutung kommt der Korngröße des Zirkonoxids zu. Die durchschnittliche Korngröße sollte in der fertig gesinterten kreisförmigen Platte nicht $> 2 \mu\text{m}$ sein, bevorzugt aber zwischen $0,1$ und $1,0 \mu\text{m}$ liegen. Es wird bevorzugt, daß zwischen 10 und 70% - ge-
 - 30 messen nach der Röntgenbeugungsmethode an der unbearbeiteten gebrannten Oberfläche (as fired) - des eingelagerten Zirkonoxids in der tetragonalen Modifikation vorliegen.

Die Herstellung der kreisförmigen Platte kann durch Sintern gepreßter Formkörper bei Temperaturen zwischen 1.400 und 1.700 °C erfolgen. Eine weitere Verbesserung der Materialeigenschaften ist
5 durch eine heißisostatische Nachverpressung bei max. 1.650 °C und max. einer Stunde bei max. 1.000 bar möglich.

Die nachfolgenden Figuren dienen der näheren Erläuterung der Erfindung, ohne daß die Erfindung
10 auf die gezeigten Ausführungsformen beschränkt ist.

Es zeigen:

- Figur 1 einen Längsschnitt entsprechend Linie I-I
15 der Figur 2 durch ein Ausführungsbeispiel des Zylinderkopfes,
Figur 2 die Unteransicht unter die in Figur 1 als wärmeisolierendes Bauteil gezeigte,
flache Kreisscheibe aus Mullit mit darin
20 eingelagertem Zirkonoxid.

In Figur 1 ist ein Zylinderkopf 1 gezeigt, in den eine kreisförmige Platte 2 in einen im Zylinderkopf ausgebildeten Kragen 6 eingeschrumpft ist.
25 Die kreisförmige Platte 2 hat eine stoffliche Zusammensetzung aus 22 Gew.% (= 12,9 Vol.%) Zirkonoxid, dem 1,4 Mol.% MgO zugefügt sind, 77,8 Gew.% (= 87,02 Vol.%) Mullit und 0,2 Gew.% (= 0,08 Vol.%) oxidischer Verunreinigungen, wie SiO₂ und Na₂O. Die
30 mittlere Korngröße des in den Mullit eingelagerten Zirkonoxids beträgt 1,1 µm, 16 % des Zirkonoxids liegen in der tetragonalen Modifikation vor. Die kreisförmige Platte 2 bildet den größten Teil des

Zylinderkopfbodens 9 und grenzt den Zylinderkopf 1 gegen den von Zylinderwänden 12 und einem nichtgezeigten Kolben gebildeten Brennraum 10 ab. In der kreisförmigen Platte 2 ist ein Ventilsitz 3 aus Stahl ausgebildet. Eine Bohrung 4 dient zum Einsetzen einer nichtgezeigten Einspritzdüse. Die Figur zeigt weiterhin ein Ventil 5 und Kühlwasserkanäle 7. Es ist erkennbar, daß eine Abdichtung direkt zwischen kreisförmiger Platte und dem die Zylinderbohrung enthaltenden Motorblock erfolgen kann.

Figur 2 zeigt die zu Figur 1 beschriebene kreisförmige Platte 2, wobei Bohrungen 11, 14 für Ein- und Auslaßventile vorgesehen sind. In der kreisförmigen Platte 2 sind Ventilsitze 3 aus Stahl eingelassen. Eine Bohrung 4 dient wie oben erwähnt zum Einsetzen einer Einspritzdüse. Pfeile A, A' geben den Bereich der kreisförmigen Platte an, der normalerweise durch thermisch induzierte Spannungen besonders gefährdet ist, bei dem gemäß der vorliegenden Erfindung die thermisch induzierten Spannungen aber außerhalb des kritischen Bereiches liegen.

- 12 -
- Leerseite -

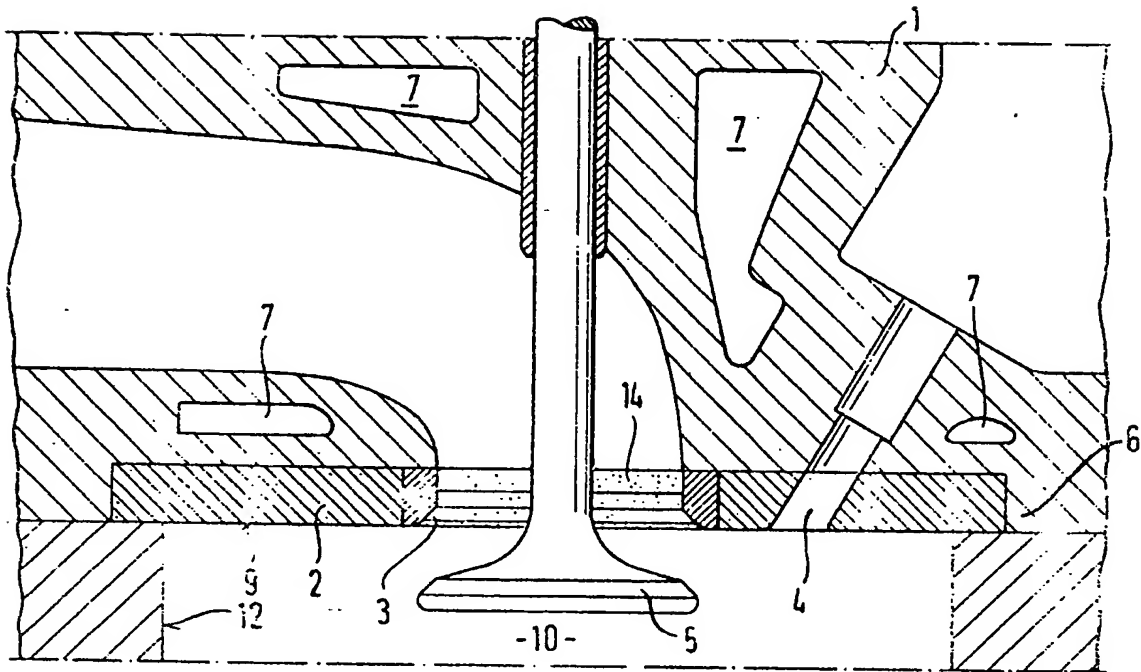


FIG. 1

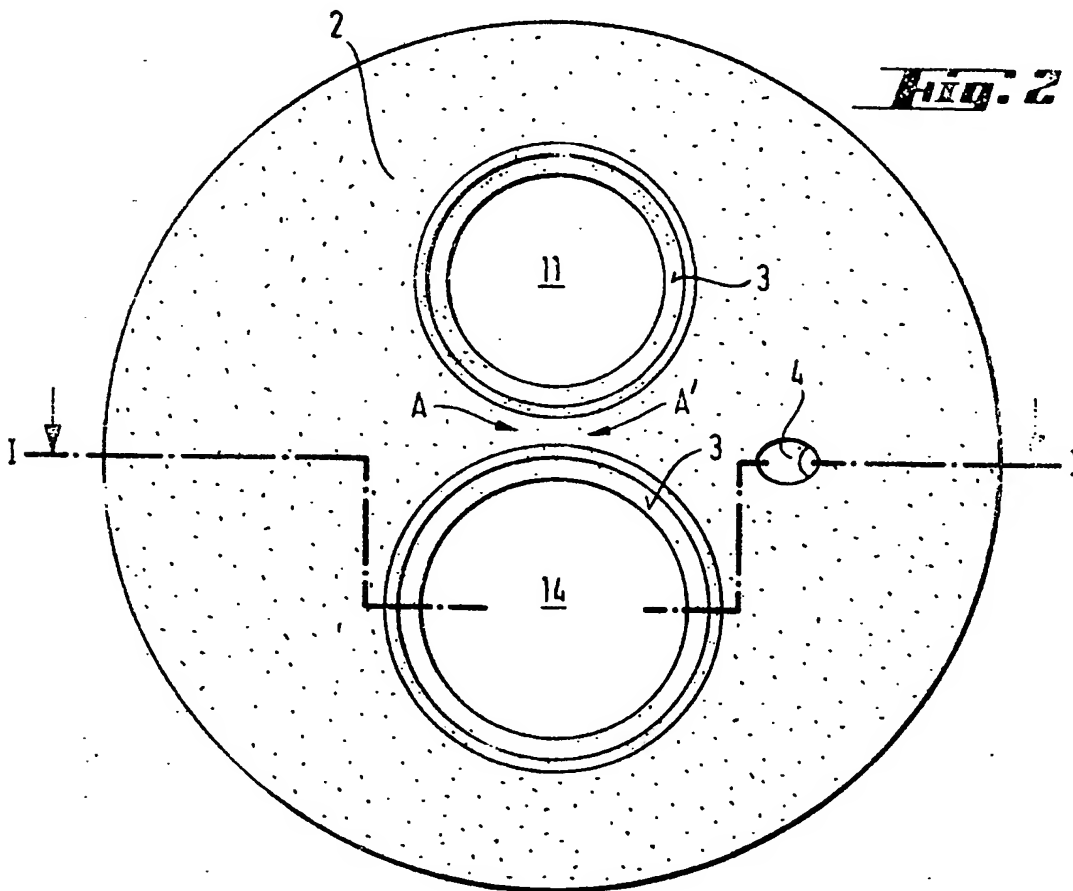


FIG. 2